ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN—POLONIA

VOL. XXI, 13 SECTIO H 1987

Zakład Nauk Ekonomicznych Filii UMCS w Rzeszowie

Witold KUREK

Model badania zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej

Модель исследования производственной мощности термических печей

The Model of Investigating the Production Capacity of the Kilns for Heat Treatment

1. UWAGI WSTĘPNE

W ostatnich latach w krajach uprzemysłowionych obserwuje się znacznie szybszy rozwój nowoczesnych wyrobów hutniczych, a przede wszystkim stali jakościowej, niż ogólny rozwój produkcji hutniczej, co uwarunkowane jest potrzebami rozwojowymi głównie innych gałęzi przemysłu. Rozwój ten uzależniony jest w poważnym stopniu od obróbki cieplnej, której znaczenie i rolę wyznacza szybki przyrost uszlachetnionych wyrobów w hutnictwie i pozostałych gałęziach przemysłu. Obróbka cieplna polega na nagrzaniu metalu i stopu do pewnej temperatury z określoną szybkością, wytrzymaniu (wygrzaniu) przy tej temperaturze przez określony czas i następnie studzeniu z określoną szybkością.

Przez obróbkę cieplną rozumie się zabieg lub zespół zabiegów cieplnych stosowanych w celu uzyskania zmiany struktury stali w stanie stałym, a przez to i zmiany jej własności fizycznych i chemicznych. Celem obróbki cieplnej jest nadanie metalom i stopom w stanie stałym optymalnych własności eksploatacyjnych. Wynikiem obróbki cieplnej jest nie tylko polepszenie własności, które metal i stop już posiada, ale również uzyskanie odpowiednich własności, których metal lub stop nie posiada w stanie odlanym lub po obróbce plastycznej (na zimno lub na gorąco).

Do przeprowadzenia obróbki cieplnej stali służy szereg urządzeń, wśród których podstawową rolę spełniają piece różnych typów i rodzajów.

Biorąc pod uwagę stosunkowo wysoką kapitałochłonność instalowanych pieców i energochłonność procesów obróbki cieplnej, a w ślad za tym stosunkowo wysokie koszty własne tej obróbki — szczególnego znaczenia nabiera fakt optymalnego wykorzystania zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej stali.

W ramach podjętego tematu przedstawimy metody badania zdolności produkcyjnej i wykorzystania jej rezerw oraz nakreślimy ogólną koncepcję organizacji badań. Przeprowadzimy też na materiale empirycznym praktyczną weryfikację metod badania zdolności produkcyjnej i wykorzystania jej rezerw. Ponadto podejmiemy próbę przedstawienia wniosków zmierzających do lepszego wykorzystania istniejącej zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej stali.

2. MODEL BADANIA ZDOLNOŚCI PRODUKCYJNEJ I WYKORZYSTANIA JEJ REZERW

Przedstawiony model pozwala na ustalenie poziomu zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej stali jak też określenie poziomu i struktury rezerw tej zdolności. Problematyce tej poświęcony został w 1974 r. artykuł autora[1]. Obecnie opracowanie wnosi nowe treści i uzupełnienia.

Zdolność produkcyjną pieców do obróbki cieplnej stali obliczamy w następujący sposób:

$$Z = W_o \cdot K \cdot T_p \quad (1)$$

lub

$$Z = W_o \cdot V \cdot T_p \quad (2)$$

gdzie:

Z — zdolność produkcyjna pieców do obróbki cieplnej stali w kg,
W_o — optymalna wydajność jednostkowa pieców w kg/m²/godz lub w kg/m³/godz,
K — powierzchnia użyteczna trzonu pieca w m²,
V — objętość użyteczna przestrzeni grzejnej pieca w m³,
T_p — dysponowany roczny czas pracy pieców w godzinach;

przy czym:

$$T_p = T_k - (T_c + T_z + T_w) \quad (3)$$

gdzie:

T_k — kalendarzowy roczny czas pieców w godzinach,

[1] W. Kurek: *Model ujawniania rezerw produkcyjnych pieców do obróbki cieplnej.* „Wiadomości Hutnicze" 1974, 1, s. 24—31.

T_c — czas przestojów remontowych (technicznie uzasadnionych) w godzinach,
$T_ż$ — czas potrzebny na załadunek pieców w godzinach,
T_w — czas potrzebny na wyładunek pieców w godzinach.

Każdy rodzaj pieca posiada określoną optymalną wydajność jednostkową, zależną między innymi od ilości ciepła, jaką dany piec może przekazać nagrzewanemu wsadowi. Z kolei użyteczna ilość ciepła wynika z bilansu cieplnego pieca, uwzględniającego ilość ciepła potrzebną dla dokonania określonego rodzaju obróbki cieplnej wraz ze wszystkimi nieuniknionymi stratami cieplnymi, których wielkość zależy od źródła energii, sposobu wytwarzania energii cieplnej, konstrukcji pieca itp. Toteż dla uniknięcia przeciążenia pieca — co obniża jego trwałość i przedłuża czas obróbki cieplnej — konieczne jest sprawdzenie, czy wsad nie przekracza tzw. dopuszczalnego obciążenia cieplnego (W_d), czyli jego dopuszczalnej wydajności w kg przypadającej na 1 m^2 trzonu pieca lub 1 m^3 objętości komory na godzinę. W związku z tym można ustalić następującą zależność:

$$W_o \leqslant W_d \tag{4}$$

Oznacza to, że optymalna wydajność jednostkowa pieca nie powinna przekraczać dopuszczalnego obciążenia cieplnego; może być ona nieco niższa lub równa dopuszczalnemu obciążeniu cieplnemu. Optymalną wydajność jednostkową pieca obliczamy:

$$W_o = \frac{Q : K}{t} \quad (kg/m^2/godz), \tag{5}$$

lub:

$$W_o = \frac{Q : V}{t} \quad (kg/m^3/godz.), \tag{6}$$

gdzie:

Q — optymalny ciężar wsadu w kg,
t — optymalny czas trwania obróbki cieplnej w godz,
— pozostałe oznaczenia jak we wzorach (1 i 2).

Mając obliczoną optymalną wydajność jednostkową pieca (W_o), można określić optymalny ciężar wsadu (Q), który stale powinien znajdować się w piecu (K lub V) przez czas potrzebny do przeprowadzenia danej obróbki cieplnej (t).

Ciężar tego wsadu wynosi:

$$Q = W_o \cdot K \cdot t \quad (kg), \tag{7}$$

lub

$$Q = W_o \cdot V \cdot t \quad (kg), \tag{8}$$

Wobec tego wzór na obliczanie zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej może przyjąć postać: [2]

$$Z = \frac{Q : K}{t} \cdot K \cdot T_p \quad (kg), \tag{9}$$

lub

$$Z = \frac{Q : V}{t} \cdot V \cdot T_p \quad (kg), \tag{10}$$

Wielkość rezerw pieców do obróbki cieplnej wynika ze stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej. Im stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej jest mniejszy, tym większe są rezerwy i odwrotnie.

Stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej obliczamy za pomocą współczynnika (S_w) opisanego wzorem:

$$S_w = \frac{P}{Z} \tag{11}$$

Wielkość rezerw (R) obliczamy jako różnicę między zdolnością produkcyjną (Z) a wielkością produkcji faktycznie osiągniętej lub planowanej do osiągania (P), czyli:

$$R = Z - P. \tag{12}$$

Rozwinięta forma wzoru na obliczanie rezerw zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej przyjmuje następującą postać:

$$R = \frac{Q : K}{t} \cdot K \cdot T_p - \frac{Q_f : K_f}{t_f} \cdot K_f \cdot T_f, \tag{13}$$

lub:

$$R = \frac{Q : V}{t} \cdot V \cdot T_p - \frac{Q_f : V_f}{t_f} \cdot V_f \cdot T_f, \tag{14}$$

gdzie:

R — wielkość rezerwy zdolności produkcyjnej w kg,
Q_f — faktyczny ciężar wsadu w kg,
t_f — faktyczny czas trwania obróbki cieplnej w godz.,

[2] Wzorów na obliczanie zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej stali nie upraszczamy o element K lub V z uwagi na potrzebę wyrażania normy wydajności jednostkowej w $kg/m^2/h$ lub w $kg/m^3/h$,

T_f — faktyczny roczny czas pracy pieców w godz.,
$K_f V_f$ — powierzchnia trzonu lub objętość użyteczna pieca, w którym przebywał wsad Q_f, wyrażona w m^2 lub m^3,
— pozostałe oznaczenia jak we wzorach ($1 \div 6$).

Tak więc forma ta pozwala na ustalenie źródeł powstawania rezerw zdolności produkcyjnej, które sprowadzają się do następujących:

a) faktyczna wielkość wsadu (Q_f) z różnych przyczyn jest z reguły niższa od wielkości wsadu ustalonej na podstawie warunków technicznych (Q), czyli:

$$Q_f \leqslant Q \tag{15}$$

b) faktyczny czas trwania obróbki cieplnej (t_f), wskutek występowania określonych subiektywnych (ujemnych) czynników, może trwać dłużej niż to wynika z warunków technicznych dla obliczania czasu grzania w danej obróbce cieplnej (t), czyli:

$$t_f \geqslant t \tag{16}$$

c) faktyczny roczny czas pracy pieców (T_f) wskutek występowania szeregu ujemnych zjawisk, jest z reguły niższy od dysponowanego czasu pracy pieców (T_p) czyli:

$$T_f \leqslant T_p \tag{17}$$

Typowym zjawiskiem występującym w praktycznej działalności wydziałów obróbki cieplnej jest powtórnie przeprowadzona obróbka cieplna. W znacznym zakresie jest ona wynikiem błędów popełnionych przez obsługę pieców w czasie pierwszej obróbki oraz niskiej jakości metalurgicznej wsadu metalowego. Powoduje to nie tylko wzrost kosztów wytwarzania, ale przede wszystkim obniżenie wykorzystania zdolności produkcyjnej. Ponieważ w obliczeniach zdolności produkcyjnej nie uwzględnia się ani braków, ani też powtórnie przeprowadzonej obróbki cieplnej, fakt ich występowania stanowi również rezerwę zwiększenia produkcji i czynnik lepszego wykorzystania zdolności produkcyjnej.

Spróbujmy zatem uwzględnić te elementy w rozwiniętej formie wzoru na obliczanie rezerw zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej, która przyjmie wówczas następującą postać:

$$R = \frac{Q : K}{t_f} \cdot K \cdot T_p - \left(\frac{Q_f : K_f}{t_f} \cdot K_f \cdot T_f - \frac{Q_{fp} : K_{fp}}{t_{fp}} - \right.$$
$$\left. - \frac{Q_{fb} : K_{fb}}{t_{fb}} \cdot K_{fb} \cdot T_{fb} \right), \tag{18}$$

lub

$$R = \frac{Q : V}{t} \cdot V \cdot T_p - \left(\frac{Q_f : V_f}{t_f} \cdot V_f \cdot T_f - \frac{Q_{fp} : V_{fp}}{t_{fp}} \cdot V_{fp} \cdot T_{fp} - \right.$$
$$\left. - \frac{Q_{fb} : V_{fb}}{t_{fb}} \cdot V_{fb} \cdot T_{fb} \right), \qquad (19)$$

gdzie:

Q_f — faktyczny ciężar wsadu w kg,
Q_{fp} — faktyczny ciężar wsadu powtórnej obróbki cieplnej w kg,
Q_{fb} — faktyczny ciężar wsadu produkcji wybrakowanej w kg,
$K_f V_f$ — powierzchnia trzonu lub objętość użyteczna pieca, w którym przebywał wsad Q_f, wyrażona w m^2 lub m^3,
K_{fp}, V_{fp} — powierzchnia trzonu lub objętość użyteczna pieca, w którym przebywał wsad Q_{fb}, wyrażona w m^2 lub m^3,
K_{fb}, V_{fb} — powierzchnia trzonu lub objętość użyteczna pieca w którym przebywał wsad Q_{fb}, wyrażona w m^2 lub m^3,
t_f — faktyczny czas trwania obróbki cieplnej w godz.,
t_{fp} — faktyczny czas trwania powtórnej obróbki cieplnej w godz.,
t_{fb} — faktyczny czas trwania obróbki cieplnej produkcji wybrakowanej w godz.,
T_f — faktyczny roczny czas pracy pieców w godz.,
T_{fp} — faktyczny roczny czas pracy pieców powtórnej obróbki cieplnej w godz.,
T_{fb} — faktyczny roczny czas pracy pieców produkcji wybrakowanej w godz.,
— pozostałe oznaczenia jak we wzorach ($1 \div 6$).

Innym zagadnieniem, najmniej docenianym w praktyce warsztatowej obróbki cieplnej, jest poszukiwanie, rozwiązywanie i wdrażanie nowoczesnych procesów technologicznych powodujących intensyfikację procesu tej obróbki, co wyraża się we wzroście wydajności jednostkowej pieców. Rezultatem zastosowania nowoczesnej technologii powinno być skrócenie przebywania wsadu w piecu dla określonego rodzaju obróbki cieplnej, z zachowaniem, a nawet poprawą wymagań jakościowych wyrobów poddanych tym procesom. Nowoczesną technologię można stosować obecnie w wydzielonych wydziałach hutniczej obróbki cieplnej, ale przede wszystkim w oddziałach branżowych obróbki cieplnej, pozostających bezpośrednio przy poszczególnych wydziałach produkcyjnych, a więc przy walcowniach czy kuźniach. Chodzi o to, że materiał po przejściu przez procesy walcowania czy kucia na gorąco posiada jeszcze odpowiednio wysoką temperaturę.

Poddanie jeszcze gorących materiałów kutych czy walcowanych pro-

cesowi obróbki cieplnej (w piecach istniejących przy wydziałach kuźni czy walcowni) zmniejsza znacznie zapotrzebowanie na ciepło, a w rezultacie skraca czas przeprowadzania tego procesu oraz przyczynia się do wzrostu wydajności jednostkowej pieców. Natomiast w wydzielonych wydziałach obróbki cieplnej, gdzie materiał musi być nagrzany do temperatury otoczenia, czas przebywania wsadu w piecu jest dłuższy, co zmniejsza wydajność jednostkową pieców oraz powiększa energochłonność procesu[8].

Jeżeli przez:

t_o — oznaczy się czas trwania obróbki cieplnej według dotychczasowej technologii w godzinach,

t_i — oznaczy się czas trwania obróbki cieplnej według nowej technologii w godzinach,

t_r — oznaczy się rezerwę czasu trwania obróbki cieplnej z tytułu zastosowania nowoczesnej technologii w godzinach,

to otrzymamy równanie:

$$t_r = t_o - t_i, \quad (20)$$

przy założeniu, że

$$t_o > t_i. \quad (21)$$

Oczywiste jest, że zastosowanie nowoczesnej technologii doprowadzi do wzrostu wydajności jednostkowej, zdolności produkcyjnej oraz faktycznej wielkości produkcji.

Powyższe ogólne wzory mogą być wykorzystane w badaniach zdolności rezerw produkcyjnych w przypadku pojedynczych lub grup jednorodnych pieców (o jednakowej powierzchni ich trzonów lub objętości użytecznej i o jednakowej konstrukcji) wykonujących tę samą obróbkę cieplną.

W pojedynczych piecach lub grupach jednorodnych pieców do obróbki cieplnej wykonuje się dość często różne rodzaje obróbki cieplnej (np. żarzenie zmiękczające, żarzenie normalizujące, hartowanie, odpuszczanie itp.), które różnią się między sobą czasem przebywania wsadu w piecu, co w konsekwencji wpływa na zróżnicowanie wydajności jednostkowej. Z kolei jednorodne rodzaje obróbki cieplnej (np. żarzenie zmiękczające) wykonuje się w różnych piecach, co również ma istotny wpływ na kształtowanie się wydajności jednostkowej.

Czynniki te wywierają istotny wpływ zarówno na poziom zdolności

---

[8] Szerszą charakterystykę tego problemu znajdziemy w publikacjach: *Studium koncepcyjne rozwoju Zakładu Hutniczego Kombinatu Przemysłowego* „Huta Stalowa Wola", praca naukowo-badawcza wykonana przez zespół profesorów Wydziału Metalurgicznego AGH w Krakowie, maszynopis, Kraków, listopad 1983, s. 84—89; W. Kurek: *Ciepło, które nie musi się marnować*. „Konfrontacje" 1971, 6.

produkcyjnej, jak też na poziom produkcji i rezerw produkcyjnych, dlatego też należy je brać pod uwagę w obliczeniach.

Uwzględniając treści podane wyżej oraz we wzorach (9, 10, 12, 18 i 19), całkowitą wielkość zdolności i rezerw produkcyjnych pieców do obróbki cieplnej (wydziałów obróbki cieplnej) możemy obliczyć według następujących modeli:

$$Z_{oc} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \frac{Q_{ij} : K_{ij}}{t_{ij}} \cdot K_{ij} \cdot T_{pij}, \tag{22}$$

$$Z_{oc} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \frac{Q_{ij} : V_{ij}}{t_{ij}} \cdot V_{ij} \cdot T_{pij}, \tag{23}$$

$$R_{oc} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \left[\frac{Q_{ij} : K_{ij}}{t_{ij}} \cdot K_{ij} \cdot T_{ij} - \left(\frac{Q_{fij} : K_{fij}}{t_{fij}} \cdot K_{fij} \cdot T_{fij} - \right.\right.$$
$$\left.\left. - \frac{Q_{fpij} : K_{fpij}}{t_{fpij}} \cdot K_{fpij} \cdot T_{fpij} - \frac{Q_{fbij} : K_{fbij}}{t_{fbij}} \cdot K_{fbij} \cdot T_{fbij} \right) \right], \tag{24}$$

lub

$$R_{oc} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \left[\frac{Q_{ij} : V_{ij}}{t_{ij}} \cdot V_{ij} \cdot T_{pij} - \left(\frac{Q_{fij} : V_{fij}}{t_{fij}} \cdot V_{fij} \cdot T_{fij} - \right.\right.$$
$$\left.\left. - \frac{Q_{fpij} : V_{fpij}}{t_{fpij}} \cdot V_{fpij} \cdot T_{fpij} - \frac{Q_{fbij} : V_{fbij}}{t_{fbij}} \cdot V_{fbij} \cdot T_{fbij} \right) \right], \tag{25}$$

gdzie:

Z_{oc} — całkowita wielkość zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej (wydziałów obróbki cieplnej) w kg,

R_{oc} — całkowita wielkość rezerw zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej (wydziałów obróbki cieplnej) w kg,

n — liczba pieców,

i — numer dowolnego pieca (i = 1, 2, 3, ..., n),

m — liczba rodzajów obróbki cieplnej,

j — numer dowolnej obróbki cieplnej (j = 1, 2, 3, ..., m),

Q_{ij} — optymalny całkowity ciężar wsadu w i-tym piecu dla j-tej obróbki cieplnej w kg,

Q_{fij} — faktyczny ciężar wsadu w i-tym piecu dla j-tej obróbki cieplnej w kg,

Q_{fpij} — faktyczny ciężar wsadu w i-tym piecu dla j-tej powtórnej obróbki cieplnej w kg,

Q_{fbij} — faktyczny ciężar wsadu w i-tym piecu dla j-tej obróbki cieplnej produkcji zabrakowanej w kg,

K_{ij}, V_{ij} — powierzchnia trzonu lub objętość użyteczna i-tego pieca dla j-tej obróbki cieplnej, w którym przebywał wsad Q_{ij}, wyrażona w m^2 lub m^3,

K_{fij}, V_{fij} — powierzchnia trzonu lub objętość użyteczna i-tego pieca dla j-tej obróbki cieplnej, w którym przebywał wsad Q_{fij}, wyrażona w m^2 lub m^3,

K_{fpij}, V_{fpij} — powierzchnia trzonu lub objętość użyteczna i-tego pieca dla j-tej obróbki cieplnej, w którym przebywał wsad Q_{fpij}, wyrażona w m^2 lub m^3,

K_{fbij}, V_{fbij} — powierzchnia trzonu lub objętości użyteczna i-tego pieca dla j-tej obróbki cieplnej, w którym przebywał wsad Q_{fbij}, wyrażona w m^2 lub m^3,

t_{ij} — optymalny czas trwania j-tej obróbki cieplnej w i-tym piecu w godz.,

t_{fij} — faktyczny czas trwania j-tej obróbki cieplnej w i-tym piecu w godz.,

t_{fpij} — faktyczny czas trwania j-tej powtórnej obróbki cieplnej w i-tym piecu w godz.,

t_{fbij} — faktyczny czas trwania j-tej obróbki cieplnej produkcji zabrakowanej w i-tym piecu w godz.,

T_{pij} — dysponowany roczny czas procy i-tego pieca dla j-tej obróbki cieplnej w godz.,

T_{fij} — faktyczny roczny czas pracy i-tego pieca dla j-tej obróbki cieplnej w godz.,

T_{fpij} — faktyczny roczny czas pracy i-tego pieca dla j-tej powtórnej obróbki cieplnej w godz.,

T_{fbij} — faktyczny roczny czas pracy i-tego pieca dla j-tej obróbki cieplnej produkcji zabrakowanej w godz.

Przedstawione modele (22, 23, 24 i 25) stanowią podstawę do przeprowadzenia badań praktycznych. Modele ustalania rezerw zdolności produkcyjnej (24 i 25) obejmują podstawowy zakres badań analitycznych, umożliwiający ustalenie odchyleń cech w badanych zjawiskach.

W dalszej fazie badania należy określić czynniki powodujące odchylenia oraz dynamikę ich zmian.

Znaczenie czynników wpływających na wielkość rezerw zdolności produkcyjnej oraz ustalenie zakresu ich oddziaływania zostanie przeprowadzone za pomocą modelu opisanego niżej.

Model ten, podobnie jak i metody kolejnych podstawień, wymaga następującego toku działania: 1) obliczenia wielkości odchylenia bezwzględnego, 2) ustalenia czynników, które wpłynęły na odchylenie cech badanego zjawiska, 3) obliczenia stopnia zmian każdego z oddziałujących czynników, 4) obliczenia wpływu zmian oddziałującego czynnika na odchylenie cech badanego zjawiska.

W przedmiocie badania chodzi o ustalenie wielkości rezerw głównie z tytułu: niepełnego wykorzystania ładowności pieców, wydłużonego czasu grzania wsadu, niepełnego wykorzystania dysponowanego czasu pracy pieców.

Przyjmując wymienione główne czynniki za składowe wielkości sumy rezerw zdolności produkcyjnej, można wyrazić ogólną formę wzoru w następującej postaci:

$$R_{oc} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} R_{łij} + R_{tij} + R_{dij} \tag{26}$$

gdzie:

$R_{łij}$ — rezerwy produkcyjne w j-tej obróbce cieplnej z tytułu niepełnego wykorzystania ładowności i-tego pieca w kg,

R_{tij} — rezerwy produkcyjne w j-tej obróbce cieplnej z tytułu wydłużonego czasu grzania wsadu i-tego pieca w kg,

R_{dij} — rezerwy produkcyjne w j-tej obróbce cieplnej z tytułu niepełnego wykorzystania dysponowanego czasu pracy i-tego pieca w kg.

Jeżeli przyjąć do analizy powyższy wzór, ustalenie wpływu czynników agregowanych na wielkość rezerw zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej (wydziału obróbki cieplnej) oblicza się w następujący sposób:

$$R_{tij} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \left[\left(W_{łij} - W_{fij} \right) \cdot T_{fij} \cdot K_{fij} \right], \tag{27}$$

$$R_{tij} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \left[\left(W_{oij} - W_{łij} \right) \cdot T_{fij} \cdot K_{fij} \right]. \tag{28}$$

$$R_{dij} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \left[\left(T_{pij} - T_{fij} \right) \cdot W_{oij} \cdot K_{ij} \right], \tag{29}$$

gdzie:

$$W_{oij} = \frac{Q_{ij} : K_{ij}}{t_{ij}}, \tag{30}$$

$$W_{iij} = \frac{Q_{ij} : K_{ij}}{t_{fij}}, \quad (31)$$

$$W_{fij} = \frac{Q_{fij} : K_{fij}}{t_{fij}}, \quad (32)$$

— pozostałe oznaczenia jak we wzorach (1—25).

Poprawność obliczenia wpływu poszczególnych czynników na wielkość rezerw zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej stali można sprawdzić przy pomocy następującego równania:

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \left((W_{oij} \cdot T_{pij} \cdot K_{ij} - W_{fij} \cdot T_{fij} \cdot K_{fij}) \right) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \left[(W_{iij} - W_{fij}) \right.$$

$$\left. \cdot T_{fij} \cdot K_{fij} + (W_{oij} - W_{iij}) \cdot T_{fij} \cdot K_{fij} + (T_{pij} - T_{fij}) \cdot W_{oij} \cdot K_{ij} = R_{oc} \right. \quad (33)$$

Dla pieców wgłębnych zamiast K_{ij} lub K_{fij} należy podstawić do powyższych wzorów (27—33) V_{ij} lub V_{fij}.

Opisana metoda badania zdolności i rezerw produkcyjnych w procesach obróbki cieplnej zweryfikowana zostanie na materiale empirycznym zebranym w wydziale obróbki cieplnej w jednej z hut w Polsce.

3. OGÓLNA KONCEPCJA ORGANIZACJI BADAŃ

Obliczanie i analiza zdolności produkcyjnej, wielkości produkcji planowej lub wykonanej oraz rezerw zdolności produkcyjnej wydziału obróbki cieplnej to zagadnienie bardzo złożone. Złożoność ta wynika z wielu czynników charakterystycznych dla procesu obróbki cieplnej.

Po pierwsze — w procesach obróbki cieplnej stosowane są różne rodzaje pieców, różniących się wielkością powierzchni lub objętości użytecznej komory, rodzajem stosowanego paliwa, sposobem załadunku i wyładunku wsadu itp.

Po drugie — w procesach obróbki cieplnej stosowane są różne rodzaje obróbki cieplnej (żarzenie zmiękczające, normalizowanie, hartowanie, odpuszczanie itp) różniące się technologią obróbki, a w konsekwencji czasem grzania wsadu w piecu (czasem technologicznym).

Po trzecie — określonym rodzajem obróbki cieplnej przeprowadzanej w różnych typach pieców poddawane są z reguły różnorodne rodzaje stali (stal konstrukcyjna węglowa, stal konstrukcyjna stopowa, stal narzędziowa stopowa, stal narzędziowa węglowa itp.) o bardzo szerokim wachlarzu wymiarowym.

Czynniki te wywierają zasadniczy wpływ nie tylko na wydajność jednostkową pieców, wielkość zdolności produkcyjnej, produkcji planowanej lub wykonanej oraz na wielkość rezerw zdolności produkcyjnej, ale również mają wpływ na organizację badań w przedmiotowym zakresie.

Zatem poszczególne czynniki usystematyzować należy w takiej logicznej kolejności i współzależności, aby można było prawidłowo przeprowadzić badanie zdolności produkcyjnej i wykorzystania jej rezerw.

Podstawowym kryterium ustalania zdolności produkcyjnej i wykorzystania jej rezerw jest pogrupowanie pieców do obróbki cieplnej według jednorodnych cech. Do danej grupy jednorodnej pieców zaliczamy wszystkie te piece, których podstawowe charakterystyki (cechy) mające wpływ na wydajność jednostkową są wspólne (jednakowe) i umożliwiają zaliczenie ich do konkretnej grupy. Podstawowymi cechami pieców mającymi wpływ na wydajność jednostkową są: wielkości komory (trzonu) pieca wyrażona w m^2 lub objętości komory pieca wyrażona w m^3, rodzaj pieca (komorowy — poziomy, szybowy — pionowy, obrotowy), charakter pracy i wynikający stąd sposób załadunku i wyładunku pieca (piece o ruchu: ciągłym, półciągłym i okresowym), rodzaj paliwa (piece na paliwo stałe, płynne, gazowe lub piece elektryczne).

Kolejnym kryterium ustalania zdolności produkcyjnej i wykorzystania jej rezerw w procesach obróbki cieplnej jest zebranie danych źródłowych i prowadzenie badań w ramach grupy pieców jednorodnych według rodzajów obróbki cieplnej, bowiem poszczególne rodzaje tej obróbki wyznaczają różne czasy grzania i w konsekwencji różnicują wydajność jednostkową pieców.

Dalszym kryterium ustalania zdolności produkcyjnej i wykorzystania jej rezerw jest usystematyzowanie wyrobów według rodzajów stali poddanej określonemu rodzajowi obróbki cieplnej, bowiem ten sam rodzaj obróbki cieplnej przeprowadzanej dla różnych rodzajów stali będzie charakteryzował się różnymi czasami grzania.

I wreszcie istotną sprawą dla ustalenia zdolności produkcyjnej i wykorzystania jej rezerw jest usystematyzowanie wyrobów według wymiarów. Wiadomo z praktyki, że w piecach obrabia się cieplnie przedmioty o bardzo zróżnicowanych wymiarach (od ⌀ lub ⍁ 10 mm do ⌀ lub ⍁ 200 mm, a nawet i powyżej ⌀ lub ⍁ 200 mm). W takiej sytuacji prowadzenie jakiejkolwiek analizy nie przyniosłaby żadnych efektów. Wobec tego z tak zróżnicowanego asortymentu produkcji należy wyprowadzić średni wymiar dla danego rodzaju obróbki cieplnej i danego rodzaju stali.

Zgodnie z przyjętymi kryteriami badania należy najpierw usystema-

tyzować produkcję planowaną lub wykonaną oraz produkcję powtórnie obrabianą cieplnie, po czym według tych samych kryteriów należy ustalić poziom zdolności produkcyjnej i wielkość jej rezerw.

W celu prawidłowego ustalenia poziomu zdolności produkcyjnej należy przyjąć dla danego rodzaju obróbki cieplnej poszczególnych grup pieców jednorodnych optymalne parametry techniczno-eksploatacyjne, wynikające z opracowań naukowych, w szczególności w zakresie ustalenia wielkości wsadu i czasu grzania (nagrzewania i wygrzewania wsadu).

W związku z tym w obliczeniach wielkości wsadu i czasu grzania dla poszczególnych grup pieców jednorodnych i określonych rodzajów obróbki cieplnej kierować się należy następującymi wskazówkami techniczno-produkcyjnymi:

1) w celu prawidłowego rozmieszczenia temperatury w strefie grzewczej pieca oraz ustalenia optymalnego czasu nagrzewania należy przyjąć sposób rozmieszczenia wsadu w piecu zgodnie z propozycją T. Malkiewicza [4];

2) w celu zachowania prawidłowego rozkładu temperatury w piecu i wyznaczenia optymalnego czasu wygrzewania oraz właściwej rotacji spalin w piecu przed ujściem ich do komina należy układać wsad — w większości pieców (zwłaszcza dużych i średnich) — w kilku warstwach na wysokości komory roboczej pieca, oddzielonych od siebie przekładkami poziomymi;

3) z pomiarów praktycznych wynika, że temperatura na końcach pieców, ze względu na nieszczelności nie dające się usunąć, jest zawsze niższa niż wymagana temperatura dla danego rodzaju obróbki cieplnej, dlatego nie ładuje się wsadu na całej długości pieców, bowiem przedmioty nie osiągnęłyby wymaganych własności przewidzianych dla danego rodzaju obróbki cieplnej (na końcach komór należy pozostawić przestrzeń wolną: dla dużych pieców po 0,5 mb, a dla małych i średnich po 0,3 — 0,4 mb);

4) w ustalaniu wielkości wsadu kierować się też należy konstrukcją i mocą cieplną pieca, rodzajem stali, rodzajem obróbki cieplnej, warunkami odbioru przedmiotów po obróbce cieplnej, stosowanym oprzyrządowaniem itp., stąd np. w procesie hartowania wsady będą z reguły mniejsze niż w procesie wyżarzania;

5) średnia praktyczna temperatura obróbki cieplnej wynosi dla: hartowania — 1103°K, normalizowania — 1153°K, odpuszczania wysokiego — 775°K (dla niektórych gatunków stali — 873°K), żarzenia zmiękczającego — około 973—996°K, odpuszczania średniego — 623°K (dla

[4] T. Malkiewicz: *Obróbka cieplna stali*. PWN, Kraków 1954, ryc. 85, s. 142.

Tab. 1. Optymalne dane źródłowe oraz wyniki obliczeń dotyczące ciężaru wsadu, ciowych w badanym wydziale

Optimum source data and the results of calculations concerning the weight of the of quality steel in the investigated department

K_{ij} lub V_{ij}	Długość ładowna trzonu (komory) pieca w m.b.	Rodzaj stali	Rodzaj obróbki cieplnej	Średni wymiar elementów wsadu	Liczba sztuk we wsadzie	Ciężar jednej sztuki w kg	Ciężar całkowity wsadu w kg (6×7)	Czas nagrzewania w min/cm grubości [1]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4,8m²	3,0	Konstrukcyjna węglowa	N	Φ 25	160	11,56	1850	8
	3,0	Konstrukcyjna stopowa	N	Φ 45	45	37,45	1685	12
	3,0	Konstrukcyjna stopowa	H	Φ 40	50	29,59	1480	12
	3,0	Konstrukcyjna węglowa	H	Φ 30	100	16,65	1665	8
	3,0	Konstrukcyjna węglowa	Ohw	Φ 35	75	22,66	1699	17
	3,0	Konstrukcyjna stopowa	Ohw	Φ 40	50	29,59	1480	24
7,3m³	6,0	Konstrukcyjna węglowa	H	Φ 30	40	33,29	1331	8
	6,0	Konstrukcyjna węglowa	H	Φ 80	14	236,75	3314	8
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	H	Φ 38	35	53,42	1870	12
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	H	Φ 75	16	208,08	3329	12
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	H	Φ 130	8	625,17	5001	12
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	H	Φ 350	2	4531,55	9062	12
	6,0	Konstrukcyjna węglowa	Ohw	Φ 25	55	23,12	1272	17
	6,0	Konstrukcyjna węglowa	Ohw	Φ 90	14	299,64	4194	17
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	Ohw	Φ 40	30	59,19	1776	24
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	Ohw	Φ 75	15	208,08	3121	24

czasu grzania i wydajności jednostkowej pieców do obróbki cieplnej stali jakoś-

charge, time of the heating and the unit efficiency of the kilns for heat treatment

Współczynniki korygujące czas nagrzewania wsadu[2]	Całkowity czas nagrzewania (5×9×10)	Czas wygrzewania lub współczynnik udziału czasu wygrzewania w czasie nagrzewania[3]	Całkowity czas grzania (11×12 lub (11+12)		W_{oij} (8:1:14)	Charakterystyka pieców
			w min.	w godz.		
10	11	12	13	14	15	16
2,0	40	60 min.	100+60[4]	2,67	144,3	Piece komorowe gazowe ze stałym trzonem
2,0	108	60 min.	168+60[4]	3,80	92,4	
2,0	96	1,50	144	2,40	128,5	
4,0	96	1,50	144	2,40	144,5	
2,0	119	1,20	143	2,38	148,7	
2,0	192	1,20	240	4,00	77,1	
2,0	48	1,50	72	1,20	151,8	Piece szybowe (pionowe) opalane gazem
2,0	128	1,50	192	3,20	141,9	
2,0	91	1,50	137	2,28	112,3	
2,0	180	1,50	270	4,50	101,3	
2,0	312	1,50	468	7,80	87,8	
2,0	840	1,50	1260	21,00	59,1	
2,0	85	1,20	102	1,70	102,5	
2,0	306	1,20	367	6,12	93,9	
2,0	192	1,25	240	4,00	60,8	
2,0	360	1,25	450	7,50	57,0	

c.d. tabeli 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	Ohw	Φ 130	8	625,17	5001	24
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	Ohw	Φ 350	2	4531,55	9062	24
$14,0m^2$	6,0	Narzędziowa węglowa	Zz	Φ 60	60	133,17	7990	35
	6,0	Narzędziowa węglowa	Zz	☐ 120	20	678,24	13 564	35
	6,0	Narzędziowa stopowa	Zz	Φ 38	141	53,42	7532	59
	6,0	Narzędziowa stopowa	Zz	Φ 112	32	464,03	14 849	59
	6,0	Narzędziowa stopowa	Zo	≠ 40	3	3768,00	11 304	59
	6,0	Narzędziowa węglowa	Zo	Φ 45	160	74,91	5993	35
	6,0	Konstrukcyjna węglowa	N	Φ 75	48	208,10	9989	8
	6,0	Konstrukcyjna węglowa	N	☐ 130	18	795,99	14 327	8
	6,0	Konstrukcyjna węglowa	N	Φ 215	9	1709,96	15 390	8
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	N	Φ 60	60	133,17	7990	12
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	N	Φ 130	26	625,17	16 254	12
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	H	Φ 170	11	1069,07	11 760	12
	6,0	Konstrukcyjna węglowa	H	☐ 55	22	142,48	3135	8
	6,0	Konstrukcyjna węglowa	Ohw	☐ 60	20	169,56	3391	17
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	Ohw	Φ 190	10	1335,42	13 354	24
	6,0	Konstrukcyjna stopowa	Prz	≠ 14	5	1576,94	7885	43
$18,0m^2$	8,0	Konstrukcyjna węglowa	Zz	Φ 110	48	596,81	28 647	17
	8,0	Konstrukcyjna stopowa	Zz	Φ 85	63	356,36	22 451	24
	8,0	Konstrukcyjna stopowa	Zz	Φ 250	12	3082,69	30 992	24

10	11	12	13	14	15	16
2,0	624	1,25	780	13,00	52,7	
2,0	1680	1,25	2100	35,00	35,5	
2,0	420	1,50	630	10,50	54,3	Piece komorowe gazowe z wysuwanym trzonem
2,2	924	1,50	1386	23,10	41,9	
2,0	448	2,00	896	14,93	36,0	
2,0	1322	2,00	2644	44,07	24,1	
2,0	472	2,00	944	15,73	51,4	
2,0	315	1,50	472	7,87	54,4	
2,0	120	60 min.	180+60 [4]	4,00	178,4	
2,2	229	60 min.	289+60 [4]	5,82	175,8	
2,0	344	60 min.	404+60 [4]	7,73	142,2	
2,0	144	60 min.	204+60 [4]	4,40	129,7	
2,0	312	60 min.	372+60 [4]	7,20	161,2	
2,0	408	1,50	612	10,20	82,3	
2,2	97	1,50	145	2,42	92,5	
2,2	224	1,25	280	4,67	51,9	
2,0	912	1,25	1140	19,00	50,2	
4,0	241	1,25	301	5,02	112,2	
2,0	374	1,20	449	7,48	212,8	Piece komorowe gazowe z wysuwanym trzonem
2,0	408	1,25	510	8,50	146,7	
2,0	1200	1,25	1500	25,00	82,2	

c.d. tabeli 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	8,0	Konstrukcyjna stopowa	N	Φ 180	20	1598,06	31 961	12
	8,0	Konstrukcyjna węglowa	N	☐ 300	7	5652,00	39 564	8
	8,0	Konstrukcyjna węglowa	H	Φ 310	6	4739,94	28 439	8
	8,0	Konstrukcyjna stopowa	H	Φ 75	38	277,44	10 542	12
	8,0	Konstrukcyjna stopowa	H	Φ 220	12	2387,23	28 646	12
	8,0	Konstrukcyjna stopowa	Ohw	Φ 70	50	241,68	12 084	24
	8,0	Konstrukcyjna stopowa	Ohw	Φ 280	9	3866,92	34 802	24
	8,0	Konstrukcyjna węglowa	Ohw	Φ 290	8	4148,06	33 184	17
	6,0	Konstrukcyjna węglowa	Ohw	Φ 380	5	7122,21	35 611	17

1) Do obliczenia czasu nagrzewania stali na 1 cm grubości lub średnicy (kol. 9) Warszawa 1950; przy czym czas nagrzewania stali na 1 cm grubości lub średn odpuszczania i odprężania — z wykresu (ryc. 2, s. 34).

2) Współczynniki korygujące czas nagrzewania wsadu w zależności od sposobu T. Malkiewicza: Obróbka cieplna stali. PWN, Kraków 1954, rys. 85, s. 142.

3) Czas wygrzewania lub współczynnik udziału czasu wygrzewania w czasie nag S. Jabłońskiego, (op. cit., tablica 2, s. 36).

4) Dane zawarte w pracy S. Jabłońskiego (op. cit. tablica 1, s. 33) dotyczą nagrze do tej samej temperatury. Praktycznie również ładuje się wsad do pieca o te gnięcia temperatury w piecu z około 1073°K do około 1153°K przyjęto szybko i tiermiczieskaja obrabotka stali i czuguna. Mietałłurgizdat, Moskwa 1956, tab W cytowanych źródłach temperatura podana jest w skali Celsjusza. Przeliczeń

Znaczenie symboli:

W_{oij} — optymalna wydajność jednostkowa i-tego pieca dla j-tej obróbki ciepl
N — wyżarzanie normalizujące, Z_z — wyżarzanie zmiękczające, Z_o — wyża
— O_{hw} — odpuszczanie wysokie, P_{rz} — przesycanie,
— pozostałe oznaczenia jak we wzorach (22÷25).

niektórych gatunków stali — 723°K), odpuszczania niskiego — 573°K, żarzenia odprężającego — 773°K.

6) wsad nagrzewany jest od temperatury otoczenia do temperatury obróbki cieplnej;

7) praktyczna temperatura w piecu w czasie ładowania wsadu wynosi dla: hartowania i normalizacji — około 1073°K, odpuszczania wysokiego i żarzenia zmiękczającego — około 773°K, odpuszczania średnie-

10	11	12	13	14	15	16
2,0	432	60 min	492+60 [4]	9,20	193,0	
2,2	528	60 min	588+60 [4]	10,80	203,5	
2,0	496	1,50	744	12,40	127,4	
2,0	180	1,50	270	4,50	130,1	
2,0	528	1,50	792	13,20	120,6	
2,0	336	1,25	420	7,00	95,9	
2,0	1344	1,25	1680	28,00	69,0	
2,0	986	1,20	1183	19,72	93,5	
2,0	1368	1,20	1642	27,36	72,3	

wykorzystano dane zawarte w pracy S. Jabłońskiego: Kalkulacja obróbki cieplnej.
icy dla hartowania i normalizacji zaczerpnięto z tablicy 1 (s. 33), dla zmiękczania,

rozmieszczenia prętów w piecu przyjęto zgodnie z propozycją zawartą w pracy

rzewania (kol. 12) dla wszystkich rodzajów obróbki cieplnej zaczerpięto z pracy

wania stali na 1 cm grubości lub średnicy do około 1073°K w piecu ogrzanym
mperaturze 1073°K. Faktyczna temperatura normalizacji wynosi 1153°K. Dla osią-
ść nagrzewania wynoszącą 80°K na godzinę z pracy zbiorowej: Mietałłowiedienije
lica 3, s. 514.
temperatury na skalę Kelwina dokonano we własnym zakresie.

nej w kg/m²/h lub w kg/m³/h,
rzanie odprężające, H — hartowanie,

go — około 623°K, odpuszczania niskiego — około 573°K, żarzenia odprężającego — około 523°K;

8) do obliczania czasu nagrzewania stali na 1 cm grubości (średnicy) należy wykorzystać dane źródłowe zamieszczone w podręczniku S. Jabłońskiego [5], przy czym czas nagrzewania stali na 1 cm grubości (śred-

[5] S. Jabłoński: *Kalkulacja obróbki cieplnej.* Warszawa 1950.

nicy) dla hartowania i normalizacji podany jest w tabeli 1 (s. 33), dla żarzenia zmiękczającego, wszystkich rodzajów odpuszczania i żarzenia odprężającego — na wykresie (rys. 2, s. 34), a czas wygrzewania dla wszystkich rodzajów obróbki cieplnej — w tabeli 2 (s. 36);

9) na podstawie rys. 85 zawartego w podręczniku T. Malkiewicza[6] należy wprowadzić współczynniki korygujące czas nagrzewania stali, bowiem sposób rozmieszczenia (ułożenia) wsadu w piecu oraz kształt przedmiotu obrabianego cieplnie mają wpływ na czas nagrzewania stali. W związku z powyższym ciężar wsadu i czas grzania obliczamy według następujących wzorów:

$$Q = q \cdot l \cdot p, \tag{34}$$

gdzie:

Q — ciężar wsadu w kg,
q — ciężar 1 mb pręta dla określonej grubości w kg,
l — długość pręta,
p — liczba sztuk prętów we wsadzie,

$$t = (w \cdot t_c \cdot a) + (w \cdot t_c \cdot a) \cdot \beta, \tag{35}$$

gdzie:

t — czas grzania w min.,
w — grubość pręta, (φ, $\not\square$ lub $\neq$) w cm,
t_c — czas nagrzewania w min/cm grubości,
a — współczynnik korygujący czas nagrzewania, wynikający ze sposobu rozmieszczenia wsadu w piecu,
ß — współczynnik określający udział czasu wygrzewania w czasie nagrzewania.

Przedstawione kryteria i wytyczne badań stanowić powinny podstawę do ustalenia poziomu zdolności produkcyjnej i jej rezerw pieców do obróbki cieplnej stali jakościowych.

Czynności w zakresie analizy zdolności produkcyjnych i wykorzystania jej rezerw w procesach obróbki cieplnej polegają na odpowiednim doborze i weryfikacji danych, na skojarzeniu różnych informacji w związki zależnościowe (logiczne zespoły danych) oraz na ich ograniczeniu do niewielu syntetycznych wielkości liczbowych.

W szczególności należy zebrać dane liczbowe dotyczące: 1) zdolności produkcyjnej pieców w przekroju poszczególnych rodzajów obróbki cieplnej, 2) wielkości produkcji przepuszczanej przez piece w przekroju poszczególnych rodzajów obróbki cieplnej, 3) wielkości produkcji powtórnie przepuszczanej przez piece w przekroju poszczególnych rodzajów

[6] Malkiewicz: *op. cit.*, ryc. 85, s. 142.

Tab. 2. Dane źródłowe i wyniki obliczeń zdolności produkcyjnej i produkcji wykonanej wg grup pieców jednorodnych i rodzajów obróbki cieplnej w badanym wydziale (marzec 1985 rok)

The source data and the results of calculations of the production capacity and the production accomplished according to the groups of homogeneous kilns and the types of heat treatment in the investigated department (March 1985).

Liczba pieców	K_{ij} lub V_{ij}	Rodzaj stali	Rodzaj obróbki cieplnej	Średni wymiar	Plan						Wykonanie									%			%-owy udział			
											Ogółem						w tym powtórnie									
					Q_{ij}	t_{ij}	W_{oij} (4 : 2 : 7)	T_{pij}	Z_{oc} (2 x 8 x 9)	Liczba wsadów (9 : 7)	P_{fij}	T_{fij}	Liczba wsadów	Q_{fij} (12 : 14)	t_{fij} (13 : 14)	W_{fij} (15:2:16)	P_{fpij}	T_{fpij}	W_{fpij} (18:2:19)	$\frac{15}{6}\cdot 100$	$\frac{16}{3}\cdot 100$	$\frac{17}{8}\cdot 100$	$\frac{18}{18}\cdot 100$	Pr (rubr. 12)	Tr (rubr. 13)	$\frac{12}{10}\cdot 100$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
2	48,m²	konstr. węgl.	N	⌀25	1850	2,67	144,3	80	55,4	30	10,6	51	4	2650	12,7	43,3	—	—	—	143,2	475,6	30,1	—	10,0	7,7	19,1
		konstr. stop.	N	⌀45	1685	3.80	62.4	119	52,8	31	19,5	75	9	2167	8,3	54,4	—	—	—	128,6	218,4	58,9	—	18,4	11,4	36,9
		konstr. stop.	H	⌀40	1480	2,40	128,5	342	210,9	142	19,9	217	12	1658	18,1	19,1	—	—	—	112,0	754,2	14,9	—	18,7	32,9	9,4
		konstr. węgl.	H	⌀30	1565	2,40	144,5	64	44,4	27	5,5	41	5	1100	8,2	27,9	—	—	—	66,1	341,7	18,3	—	5,2	6,2	12,4
		konstr. węgl.	ohw	⌀35	1699	2,38	148,7	43	30,7	18	4,8	27	4	1200	6,7	37,3	—	—	—	70,6	281,5	25,1	—	4,5	4,1	15,6
		konstr. stop.	ohw	⌀40	1480	4,00	77,1	392	145,1	99	45,9	249	30	1530	8,3	38,4	—	—	—	103,4	297,5	49,8	—	43,2	37,1	31,6
		Razem	—	—	1554	2,99	108,3	1040	539,3	347	106,2	660	64	1659	10,3	33,5	—	—	—	106,8	344,5	30,9	—	100,0	100,0	19,7
2	7,3m³	konstr. węgl.	H	⌀30	1331	1,20	151,8	49	54,3	41	18,5	42	11	1682	3,5	60,6	—	—	—	126,4	316,7	39,9	—	5,4	4,0	34,1
		konstr. węgl.	H	⌀80	3314	3,20	141,0	21	21,7	7	8,2	18	2	4100	9,0	62,4	—	—	—	123,7	281,2	44,0	—	2,4	1,7	37.8
		konstr. stop.	H	⌀38	1870	2,28	112,3	126	103,3	55	24,3	110	13	1869	8,5	30,1	3,0	16	25,7	99,9	372,8	26,8	12,3	7,0	10,4	23,5
		konstr. stop.	H	⌀75	3329	4,50	101,3	266	203,4	59	90,1	238	24	3754	9,9	51,9	7,2	18	54,8	112,7	220,0	51,2	8,0	26,1	22,7	44,3
		konstr. stop.	H	⌀130	5001	7,80	87,8	40	25,6	5	15.0	35	4	3750	8,7	59,0	—	—	—	75,0	111,5	67,2	—	4,3	3,3	58,6
		konstr. stop.	H	⌀350	9062	21,00	59,1	21	5,2	1	3,0	11	1	3000	11,0	37,3	—	—	—	33,1	52,4	63,4	—	0,9	1,0	57,7
		konstr. węgl.	ohw	⌀25	1272	1,70	102,5	27	20,2	16	6,5	23	4	1625	5,7	39,0	—	—	—	127,7	335,3	38,0	—	1,9	2,2	35,2
		konstr. węgl.	ohw	⌀90	4194	6,12	93,9	10	6,8	1	2,7	8	1	2700	8,0	46,2	—	—	—	64,4	130,7	49,2	—	0,8	0,8	39,7
		konstr. stop.	ohw	⌀40	1776	4,00	60,8	246	109,2	61	45,6	215	24	1900	8,9	29,2	2,4	13	25,3	107,0	222,5	48,0	5,3	13,2	20,3	41,8
		konstr. stop.	ohw	⌀75	3121	7,50	57,0	216	99,4	28	88,4	207	20	4420	10,3	58,8	3,8	10	52,0	141,6	137,3	103,1	4,3	25,6	19,7	88,9
		konstr. stop.	ohw	⌀130	5001	13,00	52,7	157	60,4	12	39,8	135	12	3317	11.3	40,2	—	—	—	66,3	86,9	76,3	—	11,5	12,9	69,9
		konstr. stop.	ohw	⌀350	9062	35,00	35,5	35	3,1	1	3,0	11	1	3000	11,0	37,4	—	—	—	33,1	31,4	105,3	—	0,9	1,0	96,8
		Razem	—	—	2483	4,23	80,4	1214	712,6	287	345,1	1053	117	2950	9,0	44,9	16,4	57	39,4	118,8	212,8	55'8	4,7	100,0	100,0	48,4
3	14,0m²	narz. węgl.	Z_z	⌀60	7990	10,50	54,3	456	346,6	43	106,5	372	11	9682	33,9	20,9	—	—	—	121,2	320,9	38,5	—	20,2	25,5	30,7
		narz. węgl.	Z_z	120	13564	23,10	41,9	164	96,2	7	25,2	134	3	8400	44,7	13,4	—	—	—	61,9	193,5	32,0	—	4,8	9,2	26,2
		narz. stop.	Z_z	⌀38	7532	14,93	36,0	145	73,1	10	39,4	118	3	9850	29,5	23,8	—	—	—	130,8	197,6	66,1	—	7,5	8,1	53,9
		narz. stop.	Z_z	⌀112	14849	44,07	24,1	276	93,1	6	62,6	223	5	12500	44,6	20,0	—	—	—	84,2	101,2	99,1	—	11,9	15,4	67,2
		narz. stop.	Z_o	≠40	11304	15,73	51,3	34	24,4	2	20,9	28	2	10450	14,0	53,3	—	—	—	92,4	89,0	103,7	—	4,0	1,9	85,6
		narz. węgl.	Z_o	φ45	5993	7,87	54,4	95	72,3	12	44,8	76	4	11200	19,0	42,1	—	—	—	186,9	241,4	77,4	—	8,5	5,3	62,0
		konstr. węgl.	N	⌀75	9989	4,00	178,4	29	72,4	7	18,7	24	2	9350	12,0	55,6	—	—	—	93,6	300,0	32,1	—	3,5	1,6	25,8
		konstr. węgl.	N	□130	14327	5,82	175,8	20	49,2	3	8,7	16	1	8700	16,0	38,8	—	—	—	60,7	274,9	27,3	—	1,6	1,1	17,7
		konstr. węgl.	N	⌀215	15390	7,72	142,2	160	318,5	21	52,6	132	4	13150	33,0	28,5	—	—	—	85,4	426,9	20,0	—	10,0	9,0	16,5
		konstr. stop.	N	⌀60	7990	4,40	129,7	54	98,0	12	13,6	44	2	6800	22,0	22,1	—	—	—	85,1	500,0	17,0	—	2,6	3,0	13,9
		konstr. stop.	N	⌀130	16254	7,20	161,2	20	45,1	3	11,0	16	1	11000	16,0	49,1	—	—	—	67,7	222,2	32,8	—	2,1	1,1	24,4
		konstr. stop.	H	⌀170	11760	10,20	82,3	143	164,8	14	50,6	117	5	10120	23,4	30,9	—	—	—	86,0	229,4	37,5	—	9,6	8,0	30,7
		konstr. węgl.	H	□55	3132	2,42	92,5	14	18,1	6	3,5	12	1	3500	12,0	20,8	—	—	—	111,6	495,9	22,5	—	0,7	0,8	19,3
		konstr. węgl.	ohw	□60	3391	4,67	51,9	9	6,5	2	2,7	8	1	2700	8,0	24,1	—	—	—	79,6	171,3	46,4	—	0,5	0,5	41,5
		konstr. stop.	Ohw	⌀190	13354	19,00	50,2	114	80,1	6	27,1	93	4	6775	23,2	20,8	—	—	—	50,7	122,1	41,4	—	5,1	6,4	33,8
		konstr. stop.	P_{rz}	≠14	7885	5,02	112,2	55	86,4	11	39,0	46	4	9750	11,5	60,6	—	—	—	123,6	229,1	54,1	—	7,4	3,1	45,1
		Razem	—	—	9968	10,84	65,7	1788	1644,8	165	526,9	1459	54	9757	27,0	25,8	—	—	—	97,8	249,1	39,3	—	100,0	100,0	32,0
3	18,0m²	konstr. węgl.	Z_z	⌀110	28647	7,48	212,8	62	237,5	8	21,5	47	1	21500	47,0	25,4	—	—	—	75,0	628,3	11,9	—	2,6	5,2	9,0
		konstr. stop.	Z_z	⌀85	22451	8,50	146,7	46	121,7	5	17,6	34	1	17600	34,0	28,6	—	—	—	78,4	400,0	19,5	—	2,2	3,8	14,5
		konstr. stop.	Z_z	⌀250	36992	25,00	82,2	64	94,7	2	31,5	48	1	31500	48,0	36,5	—	—	—	85,1	192,0	44,4	—	3,9	5,3	33,3
		konstr. stop.	N	⌀180	31961	9,20	193,0	397	1379,2	43	423,3	298	15	28220	19,9	78,8	—	—	—	88,3	216,3	40,1	—	52,0	33,0	30,7
		konstr. węgl.	N	□300	39564	10,80	203,5	58	21,2	5	40,7	43	2	20350	21,5	52,6	—	—	—	51,4	199,1	25,8	—	5,0	4,8	192,0
		konstr. węgl.	H	⌀310	28439	12,40	127,4	64	146,8	5	31,0	48	3	10333	16,0	35,9	—	—	—	36,3	129,0	28,2	—	3,8	5,3	21,1
		konstr. stop.	H	⌀75	10542	4,50	130,1	50	117,1	11	30,3	38	2	16500	19,0	48,2	—	—	—	156,5	422,2	37,0	—	3,7	4,2	25,9
		konstr. stop.	H	⌀220	28646	13,20	120,6	125	271,3	9	58,7	94	5	11740	18,8	34,7	—	—	—	41,0	142,4	28,8	—	7,2	10,4	21,6
		konstr. stop.	Ohw	⌀70	12084	7,00	95,9	105	181,2	15	32,5	79	4	8125	19,7	22,9	—	—	—	67,2	281,4	23,9	—	4,0	8,7	17,9
		konstr. stop.	Ohw	⌀280	34802	28,00	69,0	179	222,3	6	98,0	135	7	14000	19,3	40,3	—	—	—	40,2	68,9	58,4	—	12,0	17,9	44,1
		konstr. węgl.	Ohw	⌀290	33184	19,72	93,5	26	43,8	1	14,3	20	1	14300	20,0	39,7	—	—	—	43,1	101,4	42.4	—	1,7	2,2	32,6
		konstr. węgl.	Ohw	⌀380	35611	27,36	72,3	26	33,8	1	15,3	20	1	15300	20,0	42,5	—	—	—	43,0	73,1	58,8	—	1,9	2,2	45,3
		Razem	—	—	25861	10,83	132,7	1202	2870,6	111	814,7	904	43	18944	21,0	50,1	—	—	—	73,1	139,9	37,7	—	100,0	100,0	28,4
9		Ogółem	—	—	6338	5,76	x	5244	5767,3	910	1792,9	4076	278	6449	14,66	—	16,4	57	39,4	101,7	254,3	—	0,9	—	—	31,1

Źródło: Obliczenia własne przeprowadzone na podstawie danych liczbowych zamieszczonych w tablicy 1 oraz uzyskanych z ewidencji badanego wydziału.

Znaczenie symboli:

W_{fij} — faktyczna wydajność jednostkowa w i-tym piecu dla j-tej obróbki cieplnej w $kg/m^2/h$ lub w $kg/m^3/h$;

P_{fij} — faktycznie wykonana produkcja (wraz z produkcją powtórnie wykonaną) w i-tym piecu dla j-tej obróbki cieplnej w tonach;

P_{fpij} — produkcja powtórnie wykonana w i-tym piecu dla j-tej obróbki cieplnej w tonach;

W_{fpij} — faktyczna wydajność jednostkowa w i-tym piecu dla j-tej powtórnej obróbki cieplnej w $kg/m^2/h$ lub w $kg/m^3/$;

— pozostałe oznaczenia jak we wzorach 22÷26 i w tablicy 1.

Uwagi: Dane w kolumnach 10, 12 i 18 podane są w tonach.

obróbki cieplnej, 4) czasu technologicznego (czasu grzania), 5) wykorzystania dysponowanego (efektywnego) czasu pracy pieców, 6) czasu wydatkowego na załadunek i wyładunek wsadu, 7) gospodarki remontowej, 8) organizacji pracy determinującej poprawność pracy pieców, 9) kwalifikacji pracowników itp.

Zródłem informacji liczbowych są dokumenty pierwotne i wtórne. Podstawowym dokumentem pierwotnym (źródłowym), nieodzownym do przeprowadzenia kompleksowej analizy ekonomicznej pracy pieców w wydziałach obróbki cieplnej, jest karta wsadu. Dokumentami wtórnymi są odpowiednie arkusze sprawozdawcze i ewidencyjne zawierające skumulowane dane liczbowe i wskaźniki niezbędne do ustalenia poziomu i stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej stali jakościowych. Wzory dokumentów pierwotnych i wtórnych zawiera literatura przedmiotu [7]. Opracowany system ewidencji źródłowej i przetworzonej stanowi podstawę do przeprowadzenia analizy zdolności produkcyjnej i wykorzystania jej rezerw w wydziałach obróbki cieplnej. Wszelkie prace obliczeniowe, z uwagi na ich dużą pracochłonność, przeprowadzać należy w ośrodku przetwarzania danych.

4. WYNIKI POMIARU ZDOLNOŚCI PRODUKCYJNEJ I WYKORZYSTANIA JEJ REZERW

Z uwagi na ograniczone możliwości przedstawione zostaną wyniki badań czterech grup pieców jednorodnych w wydziale obróbki cieplnej [8]. Wszystkie obliczenia dotyczące pomiaru zdolności produkcyjnej i wykoszystania jej rezerw, przeprowadzone na podstawie modeli przedstawionych w punkcie 2, zostały ujęte w tablicach 1 ÷ 4 [9]. I tak:

— modele obliczania zdolności produkcyjnej, tj. wzory (1, 2, 3, 9, 10, 22 i 23) — w tab. 2;

— modele obliczeń wydajności jednostkowej, tj. wzory (5 i 6) — w tab. 1 i 2;

— rozwinięta forma modelu na obliczanie rezerw zdolności produkcyjnej, tj. wzory (13, 14, 18 i 19) w tab. 2;

---

[7] W. Kurek: *Rezerwy wykorzystania środków pracy w procesach obróbki termicznej w hutnictwie stali jakościowych*. RTPN, Rzeszów 1973.

[8] Wydział Obróbki Cieplnej w Kombinacie Przemysłowym „Huta Stalowa Wola" w Stalowej Woli.

[9] W obliczeniach nie uwzględniono braków produkcyjnych z uwagi na brak danych.

Tab. 3. Wyniki obliczeń zdolności produkcyjnej, produkcji wykonanej i rezerw zdolności produkcyjnej według grup pieców jednorodnych i rodzajów obróbki cieplnej w badanym wydziale (marzec 1985 rok)

The results of calculating the production capacity, the production accomplished and the reserves of the production capacity according to the groups of homogeneous kilns and the types of heat treatment in the investigated department (March 1985)

Lp.	Liczba pieców	K_{ij} lub V_{ij}	Jedn. miary	Określenie	Z_z	Z_o	N	H	O_{hw}	P_{rz}	Razem
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	4,8 m²	M_g	Z	—	—	108,2	255,3	175,8	—	539,3
			〃	P	—	—	30,1	25,4	50,7	—	106,2
			〃	R	—	—	78,1	229,9	125,1	—	433,1
			%	$\frac{R}{Z} \cdot 100$	—	—	72,2	90,0	71,2	—	80,3
2	2	7,3 m³	M_g	Z	—	—	—	413,6	299,0	—	712,6
			〃	P	—	—	—	159,1	186,0	—	345,1
			〃	R	—	—	—	254,5	113,0	—	367,5
			%	$\frac{R}{Z} \cdot 100$	—	—	—	61,5	37,8	—	51,2
3	3	14,0 m²	M_g	Z	609,0	96,7	583,2	182,9	86,6	86,4	1644,8
			〃	P	233,7	65,7	104,6	54,1	29,8	39,0	526,9
			〃	R	375,3	31,0	478,6	128,8	56,8	47,4	1117,9
			%	$\frac{R}{Z} \cdot 100$	61,6	32,0	82,1	70,4	65,6	54,4	67,9
4	2	18,0 m²	M_g	Z	453,9	—	1400,4	535,2	481,1	—	2870,6
			〃	P	70,6	—	464,0	120,0	160,1	—	814,7
			〃	R	383,3	—	936,4	415,2	321,0	—	2055,9
			%	$\frac{R}{Z} \cdot 100$	84,4	—	66,9	77,6	66,7	—	71,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	Ogółem	—	M_g	Z	1062,9	96,7	2091,8	1387,0	1042,5	86,4	5767,3
		—	"	P	304,3	65,7	598,7	358,6	426,6	39,0	1792,9
		—	"	R	758,6	31,0	1493,1	1028,4	615,9	47,4	3974,4
		—	%	$\frac{R}{Z} \cdot 100$	71,4	32,0	71,4	74,1	59,1	54,4	68,9
6	—	—	%[1]	Z	18,4	1,7	36,3	24,0	18,1	1,5	100,0
				P	17,0	3,7	20,0	20,0	23,7	2,2	100,0
				R	19,1	0,8	37,6	25,8	15,5	1,2	100,0
7	—	—	%[2]	Z	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	×
				P	28,6	68,0	28,6	25,9	40,9	45,6	×
				R	71,4	32,0	71,4	74,1	59,1	54,4	×

Źródło: Opracowania własne na podstawie danych liczbowych zamieszczonych w tablicy 2.
Znaczenie symboli jak we wzorach (3, 4, 12 i 13) oraz w tab. 1.

1) L.p. 6 zawiera procentowy udział Z, P i R poszczególnych operacji cieplnych w Z, P i R razem (kolumna 12).

2) L.p. 7 zawiera procentowy udział P i R w Z danej operacji cieplnej.

— model ujawnienia rezerw zdolności produkcyjnej dla wszystkich pieców objętych badaniem i wszystkich rodzajów obróbki cieplnej, tj. wzory (24 i 25) — w tab. 3;

— wzory (26 ÷ 32) — w tab. 4.

Na podstawie danych zawartych w tab. 1 oraz danych źródłowych zebranych w trakcie prowadzonych badań dokonano obliczeń poziomu zdolności produkcyjnej i produkcji wykonanej ogółem i według grup pieców jednorodnych oraz rodzajów obróbki cieplnej. Wyniki tych obliczeń zamieszczono w tab. 2. Z tabeli tej wynika, że zdolność produkcyjna badanych pieców wyniosła 5767,3 tony a produkcja wykonana wyniosła 1792,9 tony .W rezultacie rezerwy zdolności produkcyjnej analizowanych pieców do obróbki cieplnej stali (bez uwzględnienia powtórzonej obróbki cieplnej i braków produkcyjnych) wynosiły 3974,4 tony, tj. 68,9% poziomu zdolności produkcyjnej (tab. 3).

W poszczególnych rodzajach obróbki cieplnej rezerwy zdolności produkcyjnej wynosiły:

1) na zmiękczaniu — 758,6 tony, tj. 71,4% zdolności produkcyjnej,
2) na odprężaniu — 31,0 ton, tj. 32,0% zdolności produkcyjnej,
3) na normalizowaniu — 1493,1 tony, tj. 71,4% zdolności produkcyjnej,

Tab. 4. Wpływ intensywnych i ekstensywnych czynników na wielkość rezerw zdo
The influence of intensive and extensive factors on the size of the reserves, pro

Lp.	Liczba pieców	K_{ij} lub V_{ij}	W_{oij}	W_{iij}	W_{fij}	T_{pij}	T_{fij}	$T_{pij}-T_{fij}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	4,8 m^2	108,3	31,4	33,5	1040	660	380
2	2	7,3 m^3	80,4	37,8	44,9	1214	1053	161
3	3	14,0 m^2	65,7	26,4	25,8	1788	1459	329
4	2	18,0 m^2	132,7	68,4	50,1	1202	904	298
	Razem	×	×	×	×	5244	4076	1168

Źródło: Obliczenia własne na podstawie danych liczbowych zawartych w tablicy 2. Znaczenie symboli jak we wzorach (23÷33).

Uwagi:

1. Wielkość rezerw zawarta w kolumnach 10÷13 podana jest w tonach
2. W wyniku zaokrągleń suma rezerw zdolności produkcyjnej podanej w niniejsz nej podanej w tablicy 3.

4) na hartowaniu — 1028,4 tony, tj. 74,1% zdolności produkcyjnej,
5) na odpuszczaniu — 615,1 tony, tj. 59,1% zdolności produkcyjnej,
6) na przesycaniu — 47,4 tony, tj. 54,4% zdolności produkcyjnej.

Z ogólnej wielkości rezerw produkcyjnych przypada 37,6% na normalizowanie; 25,8% na hartowanie; 19,1% na zmiękczanie; 15,5% na odpuszczanie; 1,2% na przesycanie i 0,8% na odprężanie.

W tabeli 3 podano również szczegółowe obliczenia rezerw zdolności produkcyjnej dla poszczególnych grup pieców jednorodnych i rodzajów obróbki cieplnej.

Na podstawie danych tablicy 4 ustalić można wielkość oraz źródła rezerw intensywnych i ekstensywnych.

Z ogólnej sumy rezerw zdolności produkcyjnej analizowanych pieców na poszczególne czynniki przypadły następujące wielkości:

— 2420,1 tony, tj. 60,9% z powodu dłuższego czasu grzania wsadu w stosunku do założeń optymalnych (planowanych);

— 1306,4 tony, tj. 32,8% z powodu niepełnego wykorzystania dysponowanego czasu pracy pieców;

— 248,8 tony, tj. 6,3% z powodu niepełnego wykorzystania ładowności pieców.

lności produkcyjnej w badanym wydziale (marzec 1985 rok)
duction capacity in the investigated department (March 1985)

Wielkość rezerw produkcyjnych z tytułu				%			%-owy udział R_{oc} w ogólnej sumie rezerw
R_{lij}	R_{tij}	R_{dij}	R_{oc}	$\frac{10}{13} \cdot 100$	$\frac{11}{13} \cdot 100$	$\frac{12}{13} \cdot 100$	
10	11	12	13	14	15	16	17
—6,6	243,6	197,5	434,5	—1,5	56,1	45,4	10,9
—54,6	327,5	94,5	367,4	—14,9	89,1	25,8	9,2
12,2	802,7	302,6	1117,5	1,1	71,8	27,1	28,1
297,2	1046,3	711,8	2055,9	14,5	50,9	34,6	51,8
248,8	2420,1	1306,4	3975,3	6,3	60,9	32,8	100,0

ej tablicy jest wyższa o 0,9 tony w stosunku do sumy rezerw zdolności produkcyj-

Należy zatem stwierdzić, że w ogólnej sumie rezerw zdolności produkcyjnej badanych pieców przeważają rezerwy typu intensywnego. Z ogólnej ich sumy na rezerwy typu intensywnego (wydłużony czas grzania i niepełne wykorzystanie ładowności pieców) przypada 2668,9 tony, tj. 67,2% a na rezerwy typu ekstensywnego (niepełne wykorzystanie dysponowanego czasu pracy pieców) przypada 1306,4 tony, tj. 32,8%. Zasadnicza wielkość rezerw zdolności produkcyjnej umiejscowiona jest na nieuzasadnionym wydłużaniu czasu grzania wsadu w piecach, szczególnie występującym na normalizowaniu i hartowaniu oraz niepełnym wykorzystaniu dysponowanego czasu pracy pieców. Szczegółowe informacje w tym zakresie dla poszczególnych grup pieców jednorodnych zawierają tabele 3 i 4.

Z powodu niepełnego wykorzystania ładowności pieców wsadem a szczególnie wydłużonego czasu grzania wsadu w stosunku do warunków optymalnych, uzyskano stosunkowo niski poziom wydajności jednostkowej. Faktyczna wydajność jednostkowa, w porównaniu z optymalną wydajnością jednostkową, była niższa o:

— 69,1% w piecach o powierzchni trzonu 4,8 m^2;
— 44,2% w piecach o objętości użytkowej komory 7,3 m^3;
— 60,7% w piecach o powierzchni trzonu 14,0 m^2;
— 62,3% w piecach o powierzchni trzonu 18,0 m^2.

Odnotować należy stosunkowo niewielki udział produkcji powtórnie obrabianej cieplnie w całości produkcji obrabianej cieplnie (tab. 2). Miała ona miejsce jedynie w piecach o objętości komory 7,3 m^3. Przeprowadzony zakres analizy pozwolił na ustalenie poziomu zdolności produkcyjnej pieców i stopnia jej wykorzystania. Wyniki analizy pozwoliły też na ustalenie nie tylko ogólnej sumy rezerw zdolności produkcyjnej, ale również skali ich nasilenia w poszczególnych grupach pieców jednorodnych i według rodzajów obróbki cieplnej. Równocześnie ustalone zostały czynniki oraz ich wpływ na wielkość rezerw zdolności produkcyjnej.

Informacje pozaliczbowe, zebrane w czasie przeprowadzonych badań pozwolą na ustalenie przyczyn powodujących bardzo niskie stosunkowo wykorzystanie zdolności produkcyjnej analizowanych pieców.

Na czoło wysuwa się tu problem faktycznego czasu grzania wsadu (czasu technologicznego), który wykazuje — w porównaniu z innymi czynnikami — szczególnie niekorzystne odchylenie od założeń planowanych, głównie w takich rodzajach obróbki cieplnej, jak normalizowanie, hartowanie i odpuszczanie.

Zjawiskiem niemal powszechnym jest nieuzasadnione wydłużanie czynności za- i wyładunku pieców, w toku których piece są otwarte i następują duże straty ciepła, w wyniku czego temperatura pieców ule-

ga znacznemu obniżeniu. W efekcie — kolejno ładowany wsad wymaga znacznie dłuższego czasu nagrzewania do temperatury przewidzianej procesem obróbki cieplnej. W wielu przypadkach stwierdzono nieodpowiednie rozmieszczenie (poukładanie) wsadu w piecach, w wyniku czego rozkład temperatur w piecu jest nierównomierny, co powoduje również wydłużenie czasu grzania wsadu.

Następny problem, to niepełna faktyczna ładowność pieców. Istotną przyczyną powodującą niepełny załadunek pieców wsadem jest niezgodność długości wsadu (długości wyrobów kutych, walcowanych) z długością roboczą trzonów lub komór pieców. Najczęściej długość wyrobów kutych lub walcowanych jest mniejsza od długości trzonów lub komór pieców. W przeważającej liczbie przypadków kierownictwo wydziału nie ma na to wpływu, gdyż z reguły wymiary wyrobów hutniczych zależą od żądań zamawiającego. Niemniej występują przypadki, że na skutek błędów w organizacji pracy ładuje się wsad o mniejszych długościach do pieców o większych długościach trzonów lub komór, w wyniku czego pozostaje przestrzeń robocza w piecach nie wypełniona przez wsad.

Dość częstym zjawiskiem jest niekompletność wsadu wynikająca z niedoskonałej rytmiki spływu stali z wydziałów produkcyjnych (walcowni, kuźni itp).

Kolejny problem, to niepełne wykorzystanie dysponowanego czasu pracy pieców.

Niepełne wykorzystanie dysponowanego czasu pracy pieców wynika przede wszystkim z nierytmicznych dostaw materiałów wsadowych z podstawowych wydziałów hutniczych (walcowni, kuźni, odlewni itp) oraz z niedokładnego planowania produkcji wydziału obróbki cieplnej w aspekcie powiązania w układzie czasowym struktury i wielkości asortymentowej produkcji podstawowych wydziałów produkcyjnych huty, ze strukturą i wielkością zdolności produkcyjnej wydziału obróbki cieplnej. Występują również dość częste przypadki zmian planu (zwłaszcza w układzie asortymentowym) na przestrzeni miesiąca, co niewątpliwie wywiera ujemny wpływ na wykorzystanie dysponowanego czasu pracy pieców.

Niedostatecznie przestrzegany jest obowiązek wcześniejszego przygotowania kompletnego wsadu. Kolejny wsad dość często kompletuje się dopiero po rozładunku pieca poprzednim wsadem, w wyniku czego wydłuża się bieg jałowy pieca i zmniejsza się częstotliwość załadunku pieców wsadem.

Podstawową przyczyną powodującą powtórną obróbkę cieplną stali jest przede wszystkim niedokładne przestrzeganie technologii obróbki cieplnej oraz niska jakość metalurgiczna wsadu metalowego.

5. WNIOSKI

W świetle przedstawionych w artykule treści możemy stwierdzić, że:

1) opracowany model zweryfikowany został na materiale empirycznym z wynikiem pozytywnym, a przyjęta procedura badania zdolności produkcyjnej okazała się skuteczna;

2) model badania zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej stali może być wykorzystany przez zespoły specjalistyczne i ekonomiczne i jest przydatny do prac analitycznych;

3) wdrożenie opisanego sposobu postępowania przynieść może ewidentne efekty ekonomiczne, których wielkość zależeć będzie od skali i zasięgu jego zastosowania;

4) opracowanie posłużyć może jako bardziej ogólny wzorzec procedur postępowania dla ujawnienia rezerw zdolności produkcyjnej tkwiących w innych dziedzinach wytwórczości.

W trakcie przeprowadzonej analizy stwierdzono niski stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej stali. Z analizy tej wynikają też określone wnioski.

Do zasadniczych wniosków umożliwiających w praktyce lepsze wykorzystanie istniejącej zdolności produkcyjnej pieców do obróbki cieplnej stali, mających zarazem wpływ na poprawę efektywności gospodarowania, należy zaliczyć:

A. Optymalne skrócenie czasu grzania wsadu zabezpieczające jednocześnie dobrą jakość produkcji przez maksymalne wykorzystanie temperatury pieca z poprzedniej obróbki cieplnej. Można to osiągnąć głównie drogą: skrócenia czynności załadunku i wyładunku wsadu, prawidłowego ułożenia wsadu w piecach, umożliwiającego równomierny rozkład temperatur w komorach pieców.

B. Optymalne wykorzystanie dopuszczonej ładowności i dysponowanego czasu pracy pieców przez prawidłową organizację pracy i planowanie produkcji. Można to osiągnąć m. in. poprzez:

— budowanie planów okresowych i operatywnych wydziału obróbki cieplnej w ścisłym powiązaniu z planami produkcyjnymi wydziałów kooperujących;

— zabezpieczenie rytmicznego spływu materiałów z wydziałów kooperujących z obróbką cieplną;

— koordynację pracy pieców zabezpieczającą ciągły i równomierny przepływ materiału w wydziale obróbki cieplnej,

— wcześniejsze przygotowanie kompletnych wsadów.

C. Przestrzeganie obowiązującej technologii obróbki cieplnej szczególnie w zakresie klas i gatunków stali charakteryzujących się najwyższym nasileniem powtórnej obróbki cieplnej i braków produkcyjnych.

D. Doskonalenie konwencjonalnej technologii obróbki cieplnej m. in. poprzez optymalny dobór temperatury i czasu trwania poszczególnych operacji (nagrzewania, wygrzewania i chłodzenia) składających się na dany zabieg cieplny, wdrażanie nowoczesnej techniki pomiarowej i automatycznej regulacji umożliwiającej przejście z ręcznego nadzorowania i prowadzenia pieca do sterowania pół- lub w pełni automatycznego przez komputer procesowy [10].

E. Wdrażanie nowych technologii obróbki cieplnej wyrobów hutniczych poprzez jej integrację z procesem obróbki plastycznej. Chodzi o wykorzystanie do obróbki cieplnej ciepła walcowania na instalacjach będących przedłużeniem linii walcowni [11].

F. Opracowanie i wdrożenie odpowiednich metod optymalizacji rozdziału zadań produkcyjnych i wykorzystanie ich w obliczeniach przeprowadzanych za pomocą elektronicznej techniki obliczeniowej.

Zrealizowanie w praktyce wydziału obróbki cieplnej przedstawionych wniosków przyczynić się może do uzyskania dodatkowej produkcji i do poprawy efektywności gospodarowania.

РЕЗЮМЕ

В статье представлены методы исследования производственной мощности термических печей и намечена общая концепция организации исследования печей для термической обработки качественной стали. На основе эмпирического материала была проведена практическая проверка методов исследования производственной мощности и использования её резервов. Кроме того, предпринята попытка сформулировать выводы и предложения по лучшему использованию существующих производственных мощностей печей для термической обработки качественной стали.

SUMMARY

In the frameworks of the subject undertaken in the present work, methods of investigating the production capacity and utilizing its reserves were presented, and a general conception of the organization of investigations on kilns for heat treatment of quality steel. On the basis of the empirical material, a practical verification of methods of investigating the production capacity and utilization of its reserves was carried out. Besides, an attempt was undertaken to formulate conclusions aiming at better utilization of the exsting production capacity of the kilns for heat treatment of quality steel.

---

[10] Szerszą charakterystykę tej problematyki zawiera literatura przedmiotu: W. Kurek: *Zdolność produkcyjna i jej rezerwy w wydziałach hutniczej obróbki cieplnej*. UMCS. Rzeszów — Lublin 1984, s. 73—74.

[11] Szerszą charakterystykę tej problematyki zawiera literatura przedmiotu: Kurek *op. cit.*, s. 74—76.